



沿海地区是指外海与大陆块之间的过渡区域，河流由此进入大海。全球一半以上的人口都居住在沿海地区，大部分的海岸捕捞也在这一区域进行。全部加在一起，沿海地区覆盖的陆地面积相当于一个长100万公里，宽80公里的狭长区域。这一区域被用作渔业、湿地、港口、海洋生物、珊瑚礁、潮汐盆地、河流三角洲、水产养殖、旅游业、水上娱乐活动等各种用途。

但是，“对沿海地区的研究却没有得到足够的重视”，康奈尔大学Boyce Thompson 植物研究所环境生物学家 Dennis Swaney 说。另外，河口和许多其他生态系统一样，以往都是作为独立的系统来研究的，并未和它们系统进行联系对照。

为了弥补这一空缺，Swaney和其他关注这一问题的科学家们共同对沿海地区的展开研究。他们已经开始收集数据，以便对世界各地河口的健康状况进行衡量和对比。此项目于1993年开始，由联合国环境规划署（United Nations Environment Programme）和全球环境研究所（Global Environment Facility）提供为期10年的资助。该研究属于斯德哥尔摩的国际地质圈—生物圈规划所（International Geosphere—Biosphere Programme）进行的沿海地区陆—海相互作用（LOICZ）项目的一部分，该规划所专门从事影响地球的物理、化学和生物过程之间相互作用研究。

该项目利用一个直观的“预算”模型计算沿海地区内碳、氮、磷的反应。预算模型在许多领域都有应用，包括地质、生态、农业等，对某种物质或人口进行跟踪。预算模型本身并不是什么新事物，但

此项目的创新之处在于用同一个标准模型综合研究世界各地不同的系统。“我们设计了一种方法，对世界各地的沿海地区进行同样的处理，以便比较，”位于加拿大新斯科舍省哈利法克斯的贝德福德海洋研究所海洋学家 Donald Gordon 说。Gordon 首次提出针对 LOICZ 建立河口模型的想法，并与斯德哥尔摩大学海洋系统生态学家 Fredrik Wulff 一起开发出该模型的一套方法。Swaney 说，LOICZ 预算模型非常简单，但是其方法却可以用在任何地方，并可以产生统一的结果来对世界各地的沿海地区进行比较。

各种物质通过降水、蒸发、地表泄水、地下水出流、海洋潮汐、远洋船舶、污水排放、沉淀等途径进入或离开沿海地区。尽管外海的碳分布大致均匀，但是，因上游农业和工业径流量对流入水水质影响的程度不同，不同沿海地区的河口和海湾区别很大。由于紧邻人类活动区域，沿海地区还可以起到截留人类产生的污染物质的作用，包括化石燃料燃烧产物、污水、农田径流等。“河口和其他沿海环境是海洋中被利用和被滥用得最多的部分”，墨西哥坎昆达市科学研究中心海洋学家、项目协调人 Stephen V. Smith 说，“如果我们想要保护全球海洋的健康，我们必须从这里入手。”

方法和策略

LOICZ 预算模型考虑了水的流量和溶解的碳、氮、磷等营养物质，构成了所谓的营养物质预算。预算考察的是流入系统的物质、流出系统的物质、以及物质流量的变化。有的物质还发生转化，如农田肥

料中所含的硝酸盐在细菌作用下转化成一氧化氮。然后，用简单的表格软件（用于计算 LOICZ 预算的软件目前正在进入 B 测试）将系统的流入量和流出量进行简单的加减，就像计算账簿余额一样。

LOICZ 预算模型的基础是质量守恒，这是物理学中的一个基本概念。当河水流经河口汇入大海时，在生物过程中会带走或释放出碳、氮、磷等。这一过程会产生有利或不利的后果，而且其后果也会因时间变化而变化。例如，农业肥料造成的硝酸盐径流会促进植物生长和鱼类数量增加——这是一个有利的后果。但是，从长期来看，有害类会大量繁殖并造成鱼类死亡——这是一个不利的后果。因此，营养物质预算有助于研究人员推断生物活性。

一般来说，氮和磷的数据要比碳更容易掌握。海水中的氮和磷要比溶解的碳多得多。因此，和碳相比，氮和磷浓度的微小变化就更容易检测。在此类情况下，LOICZ 模型利用“Redfield 比例法”通过已知的氮和磷的浓度变化对碳进行估算。二十世纪三十年代，位于马萨诸塞州科德角半岛的伍兹霍尔海洋研究所（Woods Hole Oceanographic Institute）研究员 Alfred Redfield 发现，海洋环境中碳、氮、磷的数量保持在一个相对稳定的比例 106:16:1。这一经验法则反映了海洋生物对营养物质的稳定需求。因此计算预算时，Redfield 比例法不失为根据其他已知消耗量估算某一种营养物质的流入量或流出量之行之有效的办法。

为了掌握世界各国河口状态的基线信息，LOICZ 模型利用了从各地获得的二手数据，例如卫生官员、环境生物学家，甚至学校实验过程中获得的数据。Swaney 也承认：“这些数据并不是全部可靠。”然而，利用二手数据是 LOICZ 项目现阶段在相当短的时间内建立全球模型的唯一办法。Gordon 说：我们没有资金在 LOICZ 项目期限内采集新的数据。尽管这一巨型大调查已沿海地区生态系研究所包含的项目细节——例如，只重点研究了三种营养物质的交换——但这一模型在世界各地大量的沿海地区得到了一致的基线信息。

数据的汇集

预算模型所涉及的地区特性各异，小的不到 1 平方公里，大的有 100 万平方公里；有的深不足 1 米，有的则深达数百米；有的受周围陆地影响很小，有的则流入大量因人类废物、农业、工业等产生的无机营养物。

环境科研人员已经取得关于北美洲、南美洲、澳洲及欧洲河口状态的大量数据。但

缺乏非洲和亚洲河口的信息。“我们必须以发展中国家为重点并掌握其沿海地区的状况，”Swaney说。LOICZ项目的成员已在世界各地举办了15次研讨会，向各地专家传授建立当地营养物质预算模型的方法。其中，最近的两次分别是在印度的果阿和南非的开普敦举办的。

LOICZ项目沿海生态系统详细信息的数据库由瑞典斯德哥尔摩大学维护。LOICZ项目主要通过网站进行管理(<http://www.mioz.nl/loicz>)。世界各地的研究人员可以在LOICZ模型网页(<http://data.ecology.su.se/MNCD/E>)上增加本地的数据。大约有160人已经为170个不同地区输入了预算信息；LOICZ最终的目标是要采集200处地点的信息。

世界各地提供的数据还要根据沿海地区的分类进行汇编。LOICZ网页还经常对预算建模操作程序进行总结和更新，提供建模所需的工具和辅导材料，并公布最新获得的预算数据。网站访问者可以观看并下载PowerPoint格式的讲义，其内容包括预算建模程序概述、河流流量估算方法、预算建模应考虑的因素、估算各种人类活动造成的影响以及对沿海地区造成的营养负荷的教训以及估算营养负荷的电子表格等。

2002年2月11日在夏威夷檀香山举行的美国地球物理协会(American Geophysical Union)海洋科学年会上宣读的一篇由Smith早期撰写纲要中称，营养负荷差别可达1万倍，其组成无所不包，有古代的河流沉积物，也有直接排放的污水。河口与毗邻的海洋交换营养物质的时间也由不足一天到几年不等。这有助于科研人员对事物形成一个新的认识——一方面，海滩相高还有沿海地区仍然保持着原始状态；另一方面，一些受人类活动影响较为严重的地区所受到的破坏也没有想象的那么严重。

尽管全世界许多河口已经受到污染，但并没有一套统一的信息可以将它们进行对比。现在可以通过预算模型进行此类对比。例如，美国切萨皮克湾的氮负荷为每平方米每天1.6毫摩尔，因其渔业产量出现大幅度下降，美国环保专家认为该地区已受到影响。日本东京湾的氮负荷则要高出10倍，达到每平方米每天16毫摩尔。”这一负荷非常巨大，”Swaney说。将切萨皮克湾与周围都是农业用地的严重污染地区——波兰的格但斯克港进行比较后发现，格但斯克的氮负荷比切萨皮克高1倍。这一新情况引起了欧洲环境学家们的忧虑。但是，同时它也带来了希望，因为，定量分析是对形势作出评估并采取行动的首要步骤。

未来的挑战

对LOICZ信息进行解释所面临的下一个挑战是如何根据具体的基线数据反推得出该地详细的环境信息数据。科研人员必须揭示河口健康状况随人类活动及环境因素的规模及位置发生变化的模式。目标之一就是要建立一个环境特征已经明确的沿海地区数据库，并将其推广到气候条件、人口条件以及沿海条件相似的尚未被充分研究的沿海地区。那么，如果通过采取补救措施，解决了已知地区存在的问题，同样的措施也会给相应的未知地区带来利益。

尽管LOICZ项目是回顾性的、依赖于已有数据分析各河口的基本概况，但是，这一



方法也可用来计算沿海地区的其他污染物质和营养物质。LOICZ目前尚未就将此模型扩大应用于其它营养物质作出具体安排，但是，“别人利用这一方法来分析其他物质的趋势势不可挡，”Smith说。“水中存在的任何一种化学物质都可以组合到这一模型里来。”

假如LOICZ模型将来会增加变量的话，那么这一变量很可能就是会影响光合作用形式的沉积物。“颗粒物质造成的影响相对比较容易衡量，只要用浊度计就行，”Swaney说，而且有些数据已经存在了。

理想情况下是，LOICZ模型建立后应每

年更新一次，不仅要增加碳、氮、磷的数据，还应增加已显示出日益增长的、能影响环境变化的新物质的数据。二氧化硅就是一个例子。随着河流上的大坝修建越多，依赖二氧化硅生存的生物也被大坝挡住。上游浓度加大势必造成下游供应枯竭，有时会造成本类数量锐减。LOICZ希望能够获得新的资金，实施更多的此类项目。

至于各地政府将如何利用这一研究成果，LOICZ则完全无法掌握。“收集数据并不能保证我们发现的问题能够得到解决，”Swaney说，“但建立预算模型也许是改进现状的第一步。”对污染物质进行监测可以为将来的清理工作和治理措施提供指导。通过沿海地区评估还可以为农业实践、侵蚀防治、建设项目、污水处理设施、旅游业等提供指导意见。

要改善沿海地区的状况将涉及到社会科学、生物学、化学、地质学、政治学等多个学科之间极其复杂的互动。最终的一个目的就是要实现并保持沿海地区的可持续发展，以保证生物的多样性、可再生资源的再生以及大自然的生生不息。这就要求以各学科创造性的科研成果为基础，制定统一的长期规划来指导沿海地区的开发。专家们希望LOICZ项目已经取得的效果能够激励各当局采取措施，清理已经受到污染的河口，并在环境进一步恶化之前扭转局面。目前，沿海地区正处在污染的猛烈攻击之下，Smith提出警告：一旦它们被攻陷，外海将会成为下一个目标。

—Carol Potera

译自 *EHP* 110:A686-A688 (2002)

推荐阅读：

- Bricker SB, Clement CG, Pyrhalla DE, Orlando SP, Parrow DRG. 1999. National Estuarine Eutrophication Assessment: Effects of Nutrient Enrichment of the Nation's Estuaries. Silver Spring, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration. Available: http://pubsfull.nes.nos.noaa.gov/09/projects/cads/ne/ee/Euro_Report.pdf [accessed 9 October 2002].
- Gordon DC Jr, Boudreau PR, Mann KH, et al. 1996. LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines. LOICZ/R&S/95-5. 2nd ed. Texel, the Netherlands: LOICZ Core Project, International Geosphere-Biosphere Programme. Available: <http://www.mioz.nl/loicz/r&s/r5.pdf> [accessed 9 October 2002].
- Smith SV. 2001. Carbon-nitrogen-phosphorus fluxes in the coastal zone: the LOICZ approach to global assessment, and scaling issues with available data. LOICZ Newsletter No. 21, December 1-3. Available: <http://www.mioz.nl/loicz/firstpages/fp-newsletters.htm> [accessed 9 October 2002].